

АНАЛИЗ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ПЕРЕМЕННОЙ HS 2231+2441

Е. П. Корчагина

Казанский (Приволжский) федеральный университет

В работе выполнены анализ фотометрических наблюдений и определение параметров молодой предкатаклизмической переменной с sdB-субкарликом, HS 2231+2441. При дифференциальной обработке наблюдений построены кривые блеска объекта в полосах V и R. Их модельный анализ проведен с применением моделей облучаемых звездных атмосфер при совместном учете эффектов отражения и несферичности компонент. В итоге оптимального описания наблюдаемых кривых блеска переопределена часть параметров системы: угол наклона и большая полуось орбиты, радиусы и массы компонент HS 2231+2441. Полученный набор параметров хорошо соответствует современным представлениям о характеристиках подобных систем.

ANALYSIS OF PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF THE VARIABLE HS 2231+2441

Е. П. Korchagina

Kazan Federal University

The paper analyzes photometric observations and determines the parameters of a young precataclysmic variable with the subdwarf B, HS 2231+2441. During differential processing of observations, the light curves of the object in the V and R bands were constructed. Their model analysis was carried using models of irradiated stellar atmospheres with the combined consideration of the effects of reflection and nonsphericity of the components. As a result of the optimal description of the observed light curves, some of the parameters of the system were redefined: the inclination angle and semi-major axis of the orbit, the radii and masses of the components of HS 2231+2441. The resulting set of parameters is in good agreement with modern ideas about the characteristics of such systems.

Введение

HS2231+2441 — система типа HW Vir, главная компонента которой является sdB-субкарликом. Эта звезда средней массы, вышедшая на постгоризонтальную ветвь диаграммы Герцшпунга—Рессела и имеющая гелиевое ядро без ядерных реакций. Вторичная компонента — коричневый карлик. Набор параметров системы в работе [1] вызывает сомнения, так как оценка массы главной компоненты ($M_1 = 0.24 \pm 0.05 M_\odot$) много ниже типичных значений масс sdB-субкарликов ($M = 0.46\text{--}0.48 M_\odot$). Поэтому актуальной задачей является повторный анализ наблюдений системы и переопределение ее фундаментальных параметров.

Методика обработки и анализа наблюдений

Была проведена первичная обработка фотометрических наблюдений HS 2231+2441 в полосах фильтров V и R в программе Maxim DL 5. Наблюдения получены с помощью

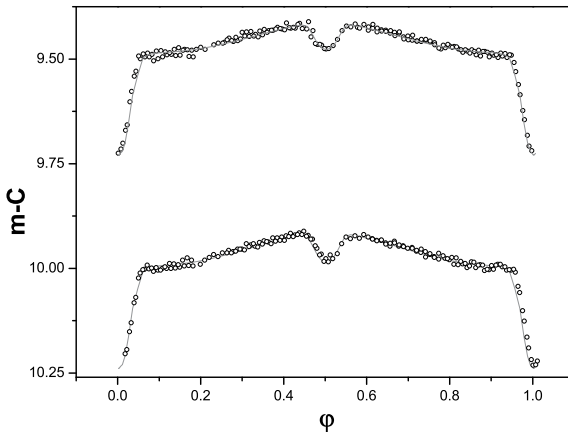
ПЗС-матрицы ANDOR на телескопе РТТ150 21 и 23 августа 2019 г. и охватывают несколько орбитальных периодов. В качестве рабочей области использовался участок матрицы размером 2048×400 пикселей. По итогам анализа вариаций блеска постоянных звезд поля было найдено, что ошибки дифференциальной фотометрии составили в полосе V $\sigma \approx 0.007^m$ и $\sigma \approx 0.009^m$ в полосе R. Далее наблюдаемые кривые блеска были переведены в шкалу гелиоцентрических юлианских дат HJD и далее в шкалу фаз φ с применением эфемериды из работы [1].

Полученные кривые блеска полностью соответствуют кривым для предкатаклизмической переменной типа HW Vir. В них выделяются главное ($\Delta m_{V,R} = 0.23^m$) и вторичное ($\Delta m_R = 0.066^m$, $\Delta m_V = 0.058^m$) затмения и участки внезатменных изменений блеска ($\Delta m_R = 0.087^m$, $\Delta m_V = 0.079^m$), обусловленных совместным действием умеренных эффектов отражения и несферичности компонент.

Расчет теоретических кривых блеска проводился с применением программного комплекса SPECTR [2], использующего модели облучаемых атмосфер звезд в ТДС с учетом эффектов несферичности и отражения. При их согласовании с наблюдениями варьировались радиусы компонент R_2 и R_1 и угол наклона орбиты i . Температура главной компоненты $T_{eff} = 28500$ К считалась фиксированной по итогам анализа спектров, а температура вторичной компоненты не влияла на кривые блеска. Значение большой полуоси системы $a = 0.79 R_\odot$ было заранее переопределено в предположении массы главной компоненты $M_1 = 0.47 M_\odot$.

Результаты и их обсуждение

Из наилучшего согласования теоретических и наблюдаемых кривых блеска HS 2231+2441 получены следующие значения ее параметров: $i = 78.7^\circ$, $R_1 = 0.206 R_\odot$ и $R_2 = 0.102 R_\odot$. Результат моделирования представлен на рисунке.



Кривые блеска HS 2231+2441 в полосе V (снизу) и R (сверху), где точками показаны данные наблюдений, а линиями — модельные кривые

Нами достигнуто корректное описание наблюдаемых кривых блеска в обеих полосах с точностью не хуже средних ошибок дифференциальной фотометрии ($\sigma m = 0.008^m$). Полученные параметры системы существенно отличаются от представленных в работе [1]. В частности, оценка радиуса коричневого карлика $R_2 = 0.102 R_\odot$ на 25–35 % превосходит значения $R_2 = 0.74\text{--}0.86 R_\odot$, найденные ранее в рамках чернотельных моделей с разными коэффициентами отражения. Соответствующий рост оценки радиуса главной компоненты $R_1 = 0.206 R_\odot$ варьируется в пределах 25–42 % по сравнению со значениями $R_1 = 0.144\text{--}0.206 R_\odot$ из [1].

Исправленная величина R_1 в целом позволяет решить проблему anomalously низкой массы sdB-субкарлика в HS 2231+2441. Комбинируя использованные нами значения R_1 и M_1 , можно вычислить силу тяжести на поверхности субкарлика на уровне $\log g = 5.48$, что почти соответствует ее оценке, полученной из моделирования спектров $\log g = 5.40 \pm 0.05$ [1]. Оставшиеся различия могут быть обусловлены ошибками определения T_{eff} и $\log g$ sdB-субкарлика вследствие анализа всех спектров системы. В работах по изучению систем типа HW Vir ранее было показано, что спектры в максимуме блеска существенно искажаются эффектами отражения и непригодны для определения параметров атмосфер главных компонент. Поэтому в данный момент актуальной является задача повторного получения и анализа спектров системы в фазах минимума блеска без проявлений эффектов отражения.

Таким образом, все особенности затменной и внезатменной переменности HS 2231+2441 полностью соответствуют системам типа HW Vir, подтверждая ее принадлежность к данной группе объектов. Последующий анализ ее кривых блеска и спектров можно проводить на основе стандартных методик моделирования, применявшихся ранее при изучении подобных систем.

Библиографические ссылки

- [1] Almeida L. A., Daminieli A., Rodrigues C. V. et al. HS 2231+2441: an HW Vir system composed of a low-mass white dwarf and a brown dwarf? // Mon. Not. R. Astron. Soc. — 2017. — Vol. 472, № 3. — P. 3093–3100. 1708.04623.
- [2] Shimansky V. V., Borisov N. V., Shimanskaya N. N. The Impact of Reflection Effects on the Parameters of the Old Pre-Cataclysmic Variables MS Peg and LM Com // Astronomy Reports. — 2003. — Vol. 47, № 9. — P. 763–776.